

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 196 39 185 C 1

51 Int. Cl.⁶:
H 04 L 29/02
H 04 Q 3/495

21 Aktenzeichen: 196 39 185.7-31
22 Anmeldetag: 24. 9. 96
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 6. 98

DE 196 39 185 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

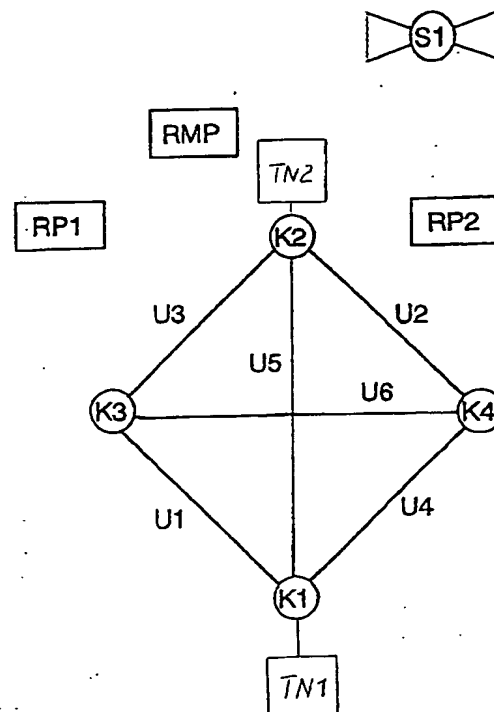
72 Erfinder:
Fischer, Gerhard, Dipl.-Ing., Wien, AT; Rammer,
Josef, Dr., Wien, AT

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 44 22 546 A1
AT 40 17 02B

54 Verfahren zum Routen von Datenverbindungen

57 Beschrieben wird ein Verfahren zum Routen von leitungsvermittelten Datenverbindungen zwischen Vermittlungsknoten (K1 bis K4) eines Telekommunikationsnetzes. Bei dem Verfahren wird beim Auftreten eines Überlaufs an einem Datenübertragungs-Bündel zwischen zwei direkt verbundenen Knoten (z. B. K1 und K2) eine Ausweichroute unter Hintereinschaltung mindestens zweier Übertragungswege (z. B. U4 und U2) abhängig vom Belegungszustand der Bündel dieser Übertragungswege bestimmt. Die Erfindung gibt ein quantitatives Verfahren an, durch die optimale Ausweichrouten ermittelt werden.



DE 196 39 185 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Routen von leitungsvermittelten Datenverbindungen zwischen Vermittlungsknoten eines Telekommunikationsnetzes. Bei einem solchen Verfahren wird beim Auftreten eines Überlaufs an einem Datenübertragungs-Bündel zwischen zwei direkt verbundenen Knoten eine Ausweichroute unter Hintereinanderschaltung mindestens zweier Übertragungswege abhängig vom Belegungszustand der Bündel dieser Übertragungswege bestimmt. Ein Übertragungsweg bezieht sich auf die direkte Verbindung zwischen zwei Vermittlungsknoten. Ein Überlauf ist ein solches Ereignis, bei dem ein Verbindungswunsch wegen der vollen oder nahezu vollen Belegung eines Übertragungsbündels abgewiesen wird.

Der Aufbau von Kommunikationsnetzen ist technisch aufwendig und erfordert hohe Investitionen. Um diesen Aufwand zu rechtfertigen, soll dieses Kommunikationsnetz möglichst hoch ausgelastet werden. Zu bestimmten Zeiten kann es jedoch vorkommen, daß auf dem Übertragungsweg zwischen zwei Vermittlungsknoten das gesamte Datenübertragung-Bündel belegt ist und auf diesem direkten Weg zusätzliche Verbindungen zwischen den Vermittlungsknoten nicht mehr hergestellt werden können. Es ist allgemein bekannt, bei einem solchen Betriebszustand die Belegung zwischen zwei durch einen Übertragungsweg direkt verbundenen Vermittlungsknoten dadurch zu ersetzen, daß die Vermittlungsknoten nicht mehr direkt miteinander verbunden werden, sondern zwei hintereinandergeschaltete Übertragungswege einer Ausweichroute gefunden werden, welche noch nicht voll belegt sind, um die Datenverbindung herzustellen.

Aus der AT-401702 ist es bekannt, den Belegungszustand der möglichen Übertragungswege zwischen zwei Vermittlungsknoten festzustellen und dann eine Ausweichroute zu bestimmen. Bei diesem bekannten Verfahren wird die Häufigkeit eines Überlaufs auf dem jeweiligen Datenübertragungs-Bündel ermittelt. Aus dieser Häufigkeit wird dann auf den Belegungszustand der möglichen Übertragungswege geschlossen und abhängig von diesem Belegungszustand wird die Ausweichroute festgelegt. Das bekannte Verfahren arbeitet rein qualitativ; quantitative Angaben fehlen.

Aus der DE 44 22 546 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem in einem Nachrichtennetz mit mehreren Vermittlungsknoten, die über jeweils Übertragungseinrichtungen miteinander verbunden sind, ein Bestimmen einer kritischen Verkehrsbeziehung mittels mehrerer quantitativer Kriterien vorgenommen wird. Auf der Grundlage dieser Bestimmung wird darauffolgend iterativ bis zum Erreichen eines Abbruchkriteriums ein neuer Leitweg ausgewählt, wobei dieser neue Leitweg in Leitwegslisten der jeweiligen Vermittlungsknoten eingetragen wird. Für den neuen Leitweg wird anschließend ebenfalls eine Verkehrsberechnung durchgeführt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein quantitatives Verfahren anzugeben, bei dem ein optimales Auffinden einer Ausweichroute gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird durch ein verfahren zum Routen von leitungsvermittelten Datenverbindungen zwischen Vermittlungsknoten eines Telekommunikationsnetzes gelöst, wobei beim Auftreten eines Überlaufs auf einem Datenübertragungs-Bündel zwischen zwei direkt verbundenen Knoten eine Ausweichroute unter Hintereinanderschaltung mindestens zweier Übertragungswege abhängig vom Belegungszustand der Bündel dieser Übertragungswege bestimmt wird, bei dem zu mindestens einem Zeitpunkt t_1 der tatsächliche Belegungswert $x(t_1)$ der Belegung $x(t)$ über der Zeit t ermittelt wird, die Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten

Verbindungen als Funktion der Belegung x des jeweiligen Bündels in Form einer linearen Funktion $L(x)$ angenähert wird, ein erster Stützpunkt dieser linearen Funktion $L(x)$ durch den stationären Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung für den Zeitpunkt $t = \infty$ gemäß der Beziehung $\lambda(x_\infty) = A\mu(1 - B(A, N))$ nach Ablauf eines Zeitintervalls für den Zeitpunkt $t = \infty$ ermittelt wird, wobei μ der Kehrwert der mittleren Dauer der Belegung des Bündels, N die Anzahl der Leitungen des Bündels, A der angebotene Verkehr in Erlang, und B die Erlangsche Verlustformel ist, wobei ein zweiter Stützpunkt x_s zwischen der bekannten Belegung $x(t_1)$ und x_∞ liegt, und wobei unter Auswertung der linearen Funktion $L(x)$ eine Näherungsfunktion $X(t)$ ermittelt wird, welche sich einer Mittelwertfunktion der Belegung

$$\bar{x}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i(t)$$

aller n theoretisch möglichen Belegungsfunktionen $x_i(t)$ annähert, welche alle zum Zeitpunkt t_1 denselben Belegungswert $x_i(t_1) = x(t_1)$ besitzen, annähert, und bei dem abhängig von der Funktion $X(t)$ unter den möglichen Übertragungs wegen die Ausweichroute ausgewählt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Näherungsfunktion $X(t)$ eingeführt, welche als Ausgangspunkt für die Auswahl der Ausweichroute unter den möglichen Übertragungs wegen dient. Diese Näherungsfunktion ergibt sich wiederum aus einer linearen Funktion $L(x)$ der Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten Verbindungen. Diese lineare Funktion $L(x)$ ist eine Annäherung an die Rate $\lambda(x)$ und stützt sich auf zwei Stützpunkte, von denen einer der Erwartungswert x_∞ im eingeschwungenen Zustand der Bündelbelegung und ein anderer Stützpunkt zwischen diesem Erwartungswert und einer gemessenen Belegung $x(t_1)$ zum Zeitpunkt t_1 liegt. Durch die Maßnahmen nach der Erfindung erhält man eine Aussage über das Verhalten der Belegung der einzelnen Übertragungswege über der Zeit, wobei der Meßaufwand und der Rechenaufwand relativ klein bleiben. Das Verfahren nach der Erfindung kann daher mit geringem Aufwand arbeiten, ohne daß ein Genauigkeitsverlust eintritt.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Näherungsfunktion $X(t)$ eine abfallende Exponentialfunktion. Eine solche Exponentialfunktion läßt sich rechnerisch einfach verarbeiten und führt zu einer geringen Abweichung vom tatsächlichen Mittelwert der Belegung $\bar{x}(t)$. Vorzugsweise ergibt sich die Näherungsfunktion $X(t)$ durch Lösen der Differentialgleichung, welche im Patentanspruch 3 angegeben ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Kommunikationsnetz mit mehreren Vermittlungsknoten, die durch Daten-Übertragungswege miteinander verbunden sind,

Fig. 2 ein Diagramm der Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten Verbindungen als Funktion der Belegung x des jeweiligen Bündels,

Fig. 3 ein Diagramm der tatsächlichen Belegung x sowie die Näherungsfunktion $X(t)$ als, Funktion, über der Zeit,

Fig. 4 der stationäre Belegungswert x_∞ und das Verkehrsangebot A als Funktion des mittleren Überlauf-Intervalls bei einer Bündelgröße $N = 100$ und einer mittleren Belegungsdauer von 100 Sekunden,

Fig. 5 ein Diagramm der tatsächlichen Belegung über der Zeit, wobei zu bestimmten Zeitpunkten eine volle Belegung erreicht wird, und

Fig. 6 ein Diagramm der Dichte der Wahrscheinlichkeit $P(M, T, a, \mu)$ als Funktion des Verkehrsangebotes a .

Fig. 1 zeigt schematisch ein Telekommunikationsnetz, welches Vermittlungsknoten K1, K2, K3, K4 hat, die durch direkte Übertragungswege U1 bis U6 miteinander verbunden sind. Routing-Prozessoren RP1 und RP2 dienen zur Steuerung und zur Überwachung der Vermittlungsknoten K1 bis K4. Ein Routing-Management-Prozessor RMP dient als übergeordnete Steuerung und zur Datenverwaltung. Die Kommunikation zwischen den lokalen Routing-Prozessoren RP1 und RP2 und den Routing-Management-Prozessoren RMP wird in einer möglichen Realisierungsvariante durch einen Satelliten S1 hergestellt. Das dargestellte Telekommunikationsnetz dient lediglich als einfaches Beispiel. Die vorliegende Erfindung zeigt ihre Vorteile insbesondere bei sehr großen Telekommunikationsnetzen, die zum Beispiel bis zu 1000 Vermittlungsknoten haben.

An die Vermittlungsknoten K1 bis K4 sind Teilnehmerstationen angeschlossen, von denen in der Fig. 1 lediglich die Teilnehmerstationen TN1 und TN2 dargestellt sind. Zum Verbindungsaufbau zwischen dem Ursprungs-Teilnehmer TN1 und dem Ziel-Teilnehmer TN2 wird zunächst geprüft, ob der direkte Übertragungsweg US zwischen den zugehörigen Vermittlungsknoten K1 und K2 verfügbar ist. Wenn dies zutrifft, wird die Verbindung sogleich aufgebaut. Die beiden Routing-Prozessoren RP1 und RP2 werden zu diesem Verbindungsaufbau nicht benötigt.

Wenn der Übertragungsweg U5 voll belegt ist oder eine vorgegebene Belegungshöhe hat, so sendet der Vermittlungsknoten K1 eine Routingaufforderung an den zuständigen Routing-Prozessor RP1. Die Verbindung zwischen den Routing-Prozessoren RP1 und RP2 sowie zwischen den Vermittlungsknoten K1, K2, K3 und K4 erfolgt über ein (nicht dargestelltes) Signalisierungsnetz. Die Organisation des Signalisierungsnetzes entspricht dem Common Channel Signalling-Protokoll Nr. 7 des ITU.

Der Routing-Prozessor RP1 legt aufgrund der verfügbaren Daten über die Belegung der einzelnen Übertragungswege U1 bis U6 des Kommunikationsnetzes fest, welche Alternativroute bzw. Umgehungsrouten für die geforderte Verbindung von Teilnehmer TN1 zum Teilnehmer TN2 in Frage kommen. Die Ausweichroute wird unter Hintereinanderschaltungen mindestens zweier Übertragungswege bestimmt. Im vorliegenden Fall können die Übertragungswege U1 und U3 über den Vermittlungsknoten K3 und die Übertragungswege U4 und U2 über den Vermittlungsknoten K4 gewählt werden. Die Wahl zwischen diesen beiden möglichen Ausweichrouten, nämlich U1 und U3 oder U4 und U2, erfolgt nun aufgrund der Belegung der Übertragungswege U1, U2, U3, U4. Wenn beispielsweise feststeht, daß der Übertragungsweg U1 bereits völlig ausgelastet ist oder eine sehr hohe Belastung zeigt, dann wird die Verbindungsvariante über den Vermittlungsknoten K4 mit den Übertragungswegen U4 und U2 ausgewählt. Gemäß der Erfindung werden die Übertragungswege und die Ausweichroute so ermittelt, daß das Telekommunikationsnetz möglichst gleichmäßig belastet und keine Belastungsspitzen bei einzelnen Übertragungswegen auftreten.

Die Informationen über die aktuelle Belegung der einzelnen Übertragungswege U1 bis U6 erzeugen sich die Routing-Prozessoren RP1, RP2 selbst im Rahmen ihrer Routing-Aufgaben. Jede Routing-Anforderung von den einzelnen Vermittlungsknoten K1 bis K4 erhält Daten über den betroffenen Übertragungsweg, im vorliegenden Fall über den Übertragungsweg U5.

Eine Realisierungsvariante des Routingverfahrens besteht darin, daß die Knoten K1 bis K4 in relativ großen Zeitabständen (5 oder 15 Minuten) sogenannte Zielverkehrsdaten

an den Routing-Management-Prozessor RMP weitergeben. Aus den Zielverkehrsdaten berechnet dieser Routing-Management-Prozessor RMP in vorgegebenen Zeitabständen Prognosen für die künftige Auslastung des Telekommunikationsnetzes und der einzelnen Übertragungswege U1 bis U6. Die Zielverkehrsdaten betreffen Informationen darüber, wieviele Verbindungen zwischen den verschiedenen Knotenpaaren im betrachteten Zeitraum angefordert werden und wie groß deren mittlere Belegungsdauer war. Aufgrund dieser Daten wird im Routing-Management-Prozessor RMP die Wahrscheinlichkeit der Belegung der Übertragungswege U1 bis U6 berechnet. Zum Beispiel kann diese Berechnung auf der Grundlage des Forward-Looking-Routing-Algorithmus erfolgen, wie er beschrieben ist in "A New State-Dependent Routing Schemel", Telegraphic Science for New Cost-Effective Systems, Networks and Services, ITC-12 (1989).

Fig. 2 zeigt ein Diagramm der Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten Verbindungen als Funktion der Belegung x des jeweiligen Bündels der Übertragungswege U1 bis U6. Wie anhand des Diagramms zu erkennen ist, fällt die Funktion bei Annäherung an die maximale Anzahl N der Leitungen des Bündels auf 0. Im Bereich des mittleren Abfallens der Funktion $\lambda(x)$ wird diese Funktion $\lambda(x)$ durch eine lineare Funktion $L(x)$ angenähert, wobei ein erster Stützpunkt dieser Linearfunktion L durch den stationären Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung festgelegt ist. Dieser stationäre Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung entspricht in der Realität dem Erwartungswert der Bündelbelegung nach einer längeren Zeit, wie dies im Diagramm gemäß Fig. 3 dargestellt ist. Der Erwartungswert ist der mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gewichtete Mittelwert aller theoretisch möglichen Werte einer Variablen. Der Ordinatenwert $\lambda(x_\infty)$ ergibt sich aus der Beziehung $\lambda(x_\infty) = A\mu(1 - B(A, N))$, wobei μ der Kehrwert der mittleren Dauer der Belegung des Bündels, N die Anzahl der Leitungen des Bündels, A der angebotene Verkehr in Erlang, und B die Erlang-sche Verlustformel ist. Die Rate $\lambda(x)$ ergibt sich aus dem gemessenen Belegungswert $x(t_1)$ zum Zeitpunkt t_1 wie dies auch in Abb. 3 veranschaulicht ist.

Ein zweiter Stützpunkt x_s für die lineare Funktion L liegt zwischen der bekannten Belegung $x(t_1)$ und dem Belegungswert x_∞ . Die beiden genannten Stützpunkte x_∞ und x_s definieren also die lineare Funktion $L(x)$ als Annäherung an die Rate $\lambda(x)$ innerhalb eines Intervalls mindestens zwischen x_∞ und $x(t_1)$.

Die Fig. 3 zeigt nun den Erwartungswert der Belegung x als Funktion über die Zeit t . Der tatsächliche Erwartungswert x über t wird durch eine Näherungsfunktion $X(t)$ angenähert. Diese Näherungsfunktion $X(t)$ wird unter Auswertung der in Fig. 2 gezeigten linearen Funktion L berechnet. Anhand der Darstellung nach Abb. 3 ist zu erkennen, daß der stationäre Erwartungswert x_∞ theoretisch für $t = \infty$ verwendet wird, d. h. für den eingeschwungenen Zustand. In der Praxis hat die Zeit t , für die x_∞ gilt, selbstverständlich einen endlichen Wert, der im Minutenbereich liegt. Wie anhand der Fig. 3 zu erkennen ist, fällt die Näherungsfunktion $X(t)$ exponentiell ab, zum Beispiel beginnend zu einem Zeitpunkt t_1 , zu dem der Belegungswert x durch Messung bekannt ist. Zu diesem Zeitpunkt t_1 ist also das Bündel nahezu voll belegt und der Übertragungsweg droht zu blockieren. Ferner ist in Fig. 3 für die Belegungswerte $x(t_1)$ und x_s , d. h. für die beiden Stützwerte, zu erkennen, daß die wahre Belegung $x(t)$ und die Näherungsfunktion $X(t)$ übereinstimmen.

Die Näherungsfunktion $X(t)$ wird durch Lösen der Differentialgleichung

$$dX/dt = \lambda(X) - \mu \cdot X$$

unter Berücksichtigung der Randbedingungen $X(t_1) = x(t_1)$ und $X(\infty) = x_\infty$ bestimmt. Wenn $\lambda(x)$ eine lineare Funktion ist, ergibt die Lösung der Differentialgleichung eine über die Zeit t abfallenden Exponentialfunktion, die eine optimale Annäherung an die wahre Belegung $x(t)$ definiert. Die Rate der erfolgreichen Verbindungen $X(x_s)$ am zweiten Stützpunkt x_s erhält man durch Lösen der Gleichung

$$\lambda(x_s) = A\mu(1 - B(A, N - x_s + \lambda(x_s)/\mu)).$$

Als Belegungswert x_s und damit als zweiter Stützwert, zum Zeitpunkt t_s kann günstigerweise die folgende Beziehung verwendet werden:

$$x_s(t_s) = 1/2(x_1 + x_\infty).$$

Der Zeitpunkt t_s ergibt sich nach Einsetzen von x_s in die gelöste Differentialgleichung. Gemäß dieser Beziehung wird also ein Mittelwert verwendet, um den Stützpunkt x_s innerhalb eines noch stark abfallenden Bereichs der Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten Verbindungen zu legen.

Fig. 4 zeigt den Belegungswert x_∞ und das Verkehrsangebot A als Funktion des mittleren Überlauf-Intervalls T , d. h. den Mittelwert aus einer großen Zahl von Intervallen für eine Anzahl $N = 100$ von Leitungen eines Bündels mit einer mittleren Belegungsdauer von 100 Sekunden. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird aus Überlaufereignissen durch Zeitmessung ein mittleres Zeitintervall T ermittelt. Aus diesem mittleren Zeitintervall T wird durch Lösen der Gleichung $A\mu B(A, N) = 1/T$ das Verkehrsangebot A ermittelt, und durch Lösen der Formel $x_\infty = A(1 - B(A, N))$ der stationäre Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung berechnet. Die Kurvenverläufe in Fig. 4 ergeben sich aus Anwendung der vorstehenden Beziehungen auf ein konkretes Beispiel. Die vorgenannten Beziehungen leiten sich unmittelbar aus der Erlang-Formel ab und aus der Überlegung, daß die Rate der auf dem Bündel blockierten Verbindungswünsche bzw. der Überlaufereignisse sich aus der Anzahl dieser Ereignisse pro mittlerer Gesprächsdauer ergibt. Weiters ist die Anzahl dieser Ereignisse gleich dem Produkt aus Verkehrsangebot A und der Blockierungswahrscheinlichkeit B . Die Rate von Ereignissen ist bekanntlich umgekehrt proportional zum Zeitintervall T zwischen diesen Ereignissen. Der mittlere Belegungswert x_∞ ist identisch mit dem transportierten Verkehr und dieser ist gleich dem angebotenen Verkehr A minus dem Produkt aus Verkehr A mal Blockierungswahrscheinlichkeit B .

Bei der Darstellung nach Fig. 4 wird vorausgesetzt, daß man einen statistisch genauen Mittelwert der Zeitintervalle T zwischen den Überlaufereignissen besitzt. Aus diesem Mittelwert der Zeitintervalle kann dann das zugehörige Verkehrsangebot A und somit der mittlere Belegungswert x_∞ bestimmt werden.

In Fig. 5 ist die tatsächliche Belegung x als Funktion der Zeit t dargestellt. Zu Zeitpunkten t_4 , t_3 , t_2 und t_1 liegen Überlaufereignisse vor, d. h. die Leitungen des Bündels sind voll belegt und es liegt ein zusätzlicher Verbindungswunsch vor. Zum aktuellen Zeitpunkt t_a wird eine möglichst gute Schätzung der Bündelbelegung benötigt, weil der Routing-Algorithmus prüfen soll, ob dieses Bündel für den Transport eines Verbindungswunsches geeignet ist, welcher an einem anderen Bündel einen Überlauf verursacht hat.

In Anspruch 7 wird gemäß der weiter oben in Verbindung mit Fig. 4 genannten Beziehung angenommen, daß man einen genauen Mittelwert der Überlaufintervalle besitzt, der aus einer sehr großen Anzahl von Überlaufereignissen unter statistisch stationären Verhältnissen gewonnen worden ist.

In einer Weiterbildung der in Verbindung mit Fig. 4 genannten Rechenschritte wird nur jedes n -te aufeinanderfolgende Überlaufereignis in die Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T einbezogen und zu einer neuen Berechnung der Näherungsfunktion $X(t)$ herangezogen, wobei n eine natürliche Zahl ist. Diese Weiterbildung beruht darauf, daß nicht jedes einzelne, sondern nur jedes n -te Überlaufereignis in die Berechnung der Belegung $X(t)$ einbezogen wird, wobei der Wert n vorbestimmt ist. Die Berechnung eines mittleren Zeitintervalls T ist dennoch möglich, denn die Anzahl der tatsächlichen Überlaufintervalle ist einfach um den Faktor n größer als die Anzahl der tatsächlich gemessenen Überlaufintervalle. Das mittlere Zeitintervall kann dementsprechend korrigiert werden. Es ist jedoch nicht mehr möglich, mit jedem tatsächlichen Überlaufereignis beginnend eine neue abfallende Exponentialfunktion zu berechnen, sondern es ist weiterhin diejenige Exponentialfunktion gültig, welche zum letzten bekannten Überlauf berechnet worden ist. Die dadurch erzeugte Ungenauigkeit ist von untergeordneter Bedeutung, da Überlaufereignisse aufgrund der statistischen Gesetze in Bursts auftreten, d. h. innerhalb eines betrachteten Zeitintervalls gehäuft, und daher stets mehrere Ereignisse annähernd zum selben Zeitpunkt auftreten. Der Vorteil des genannten Verfahrens ist erheblich, da der Aufwand für die Signalisierung und für die Berechnung der Überlaufereignisse stark verringert werden kann.

Eine andere Weiterentwicklung besteht darin, daß ausgehend von einem aktuellen Zeitpunkt t_a der Zeitpunkt $t_a + 1$ eines zukünftigen Überlaufereignisses geschätzt wird, und daß dieser Zeitpunkt $t_a + 1$ bei der Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T einbezogen wird. Im Gegensatz zu den in Verbindung mit Fig. 4 genannten Rechenschritten wird bei diesem Ausführungsbeispiel angenommen, daß das mittlere Zeitintervall für den Überlauf aus einer sehr kleinen Anzahl von Ereignissen abgeleitet worden ist und daß das offene Zeitintervall vom letzten Überlauf t_1 bis zum aktuellen Zeitpunkt t_a , zu dem im Normalfall kein Überlaufereignis vorhanden ist, einen signifikanten Einfluß auf den berechneten Mittelwert der Zeitintervalle hat. Es muß also für die Dauer des Intervalls bis zum nächsten zukünftigen Überlaufereignis ein Wert angenommen werden, der größer als $t_a - t_1$ ist. Es hat sich als günstig erwiesen, als Wert den doppelten Wert von $t_a - t_1$ zu verwenden.

Es ist auch möglich, Zeitintervalle zwischen dem aktuellen Zeitpunkt t_a und dem letzten Überlaufereignis $t_a - 1$ mit dem Faktor 0,5 gewichtet bei der Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T zu berücksichtigen. Wie erwähnt, hat das offene Zeitintervall vom letzten Überlauf t_1 bis zum aktuellen Zeitpunkt t_a einen signifikanten Einfluß auf den berechneten Mittelwert. Gemäß der beschriebenen Maßnahme wird dem offenen Intervall nur das halbe Gewicht bei der Mittelwertberechnung für das mittlere Zeitintervall T zugemessen.

Eine alternative Vorgehensweise zu den in Verbindung mit Fig. 4 beschriebenen Rechenschritten ist dadurch gekennzeichnet, daß das Verkehrsangebot A aus dem ermittelten mittleren Zeitintervall T einer vorbestimmten Anzahl M von Zeitintervallen zwischen Überlaufereignissen bestimmt wird, daß der Maximalwert einer Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung P der Funktion $P(M, T, a, \mu)$ zu einem jeweils vorgegebenen Wert M , T und μ ermittelt wird, wobei $P(M, T, a, \mu)$ aus der Poissonverteilung der Verbindungswunschereignisse und der Verbindungsende-Ereignisse abgeleitet wird, und daß mit Hilfe der Formel $x_\infty = A(1 - B(A, N))$ der stationäre Belegungswert x_∞ ermittelt wird. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann anzuwenden, wenn nur eine sehr kleine Anzahl N von Überlaufereignissen zur Berechnung des mittleren Zeitintervalls T zur Verfügung steht. Für diesen Fall kann aus den statistischen Gesetzen für einen

poissonverteilten Verkehr eine Funktion der Wahrscheinlichkeitsdichte $P(M, T, a, \mu)$ ermittelt werden, wobei die Anzahl M der einbezogenen Intervalle und die mittlere Gesprächsdauer $1/\mu$ als bekannt vorausgesetzt werden. Für einen bestimmten gemessenen Wert T kommen verschiedene Verkehrsangebote a in Frage, welche das vorliegende Meßergebnis verursachen konnten. Ein bestimmter Wert a besitzt jedoch die höchste Wahrscheinlichkeitsdichte, und dieser Wert wird nun als Verkehrsangebot A verwendet, welcher in die weiter oben genannten Berechnungen einfließt. Dieser Sachverhalt veranschaulicht Fig. 6.

Anstelle von vollständig gemessenen Überlaufintervallen in der Vergangenheit kann auch das offene Intervall vom letzten Überlaufintervall bis zum Zeitpunkt $t_a - 1$ bis zum aktuellen Zeitpunkt t_a , welcher selbst kein Überlaufereignis kennzeichnet, einbezogen werden, um die vorgenannte Wahrscheinlichkeitsdichte $P(M, T, a, \mu)$ zu ermitteln.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Routen von leitungsvermittelten Datenverbindungen zwischen Vermittlungsknoten eines Telekommunikationsnetzes, bei dem beim Auftreten eines Überlaufs eines Datenübertragungs-Bündels zwischen zwei direkt verbundenen Knoten eine Ausweichroute unter Hintereinanderschaltung mindestens zweier Übertragungswege abhängig vom Belegungszustand der Bündel dieser Übertragungswege bestimmt wird, bei dem zu mindestens einem Zeitpunkt t_1 der tatsächliche Belegungswert $x(t_1)$ der Belegung $x(t)$ über der Zeit t gemessen wird, die Rate $\lambda(x)$ der erfolgreich vermittelten Verbindungen als Funktion der Belegung x des jeweiligen Bündels in Form einer linearen Funktion angenähert wird, ein erster Stützpunkt dieser linearen Funktion durch den stationären Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung für den Zeitpunkt $t = \infty$ gemäß der Beziehung $\lambda(x_\infty) = A\mu(1 - B(A, N))$ ermittelt wird, wobei μ der Kehrwert der mittleren Dauer der Belegung des Bündels, N die Anzahl der Leitungen des Bündels, A der angebotene Verkehr in Erlang, und B die Erlangsche Verlustformel ist, ein zweiter Stützpunkt x_s zwischen der bekannten Belegung $x(t_1)$ und x_∞ liegt, unter Auswertung der linearen Funktion eine Näherungsfunktion $X(t)$ ermittelt wird, welche sich einer Mittelwertfunktion der Belegung

$$\bar{x}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i(t)$$

- aller n Belegungen $x_i(t)$ annähert, für welche gilt $x_i(t_1) = x(t_1)$, und bei dem abhängig von der Funktion $X(t)$ unter den möglichen Übertragungswegen die Ausweichroute ausgewählt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Näherungsfunktion $X(t)$ eine Exponentialfunktion ist, die ab dem Zeitpunkt t , exponentiell abfällt und sich der tatsächlichen Mittelwertfunktion $\bar{x}(t)$ annähert.
 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Näherungsfunktion $X(t)$ durch Lösen der Differentialgleichung

$$dX/dt = \lambda(X) - \mu \cdot X$$

unter Berücksichtigung der Randbedingungen $X(t_1) = x(t_1)$ und $X(\infty) = x_\infty$ bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Zeitpunkt t_1 derjenige gewählt wird, für den die tatsächliche Belegung $x(t_1) = N$ ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den zweiten Stützpunkt x_s die Gleichung

$$\lambda(x_s) = A\mu(1 - B(A, N - x_s + \lambda(x_s)/\mu))$$

gelöst wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als x_s die folgende Beziehung verwendet wird:

$$x_s = \frac{1}{2}(x_1 + x_\infty)$$

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus Überlaufereignissen durch Zeitmessung das mittlere Zeitintervall T ermittelt wird, und daß aus dem mittleren Zeitintervall T durch Lösen der Gleichung

$$A\mu B(A, N) = 1/T$$

das Verkehrsangebot A ermittelt wird, und durch Lösen der Formel

$$x_\infty = A(1 - B(A, N))$$

der stationäre Belegungswert x_∞ der Bündelbelegung berechnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nur jedes n -te aufeinanderfolgende Überlaufereignis in die Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T einbezogen und zu einer neuen Berechnung der Näherungsfunktion $X(t)$ herangezogen wird, wobei n eine natürliche Zahl ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von einem aktuellen Zeitpunkt t_a der Zeitpunkt $t_a + 1$ eines zukünftigen Überlaufereignisses geschätzt wird, und daß dieser Zeitpunkt $t_a + 1$ bei der Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T einbezogen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zeitintervall zwischen dem aktuellen Zeitpunkt t_a und dem letzten Überlaufereignis t_1 mit dem Faktor 0,5 gewichtet bei der Ermittlung des mittleren Zeitintervalls T berücksichtigt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verkehrsangebot A aus dem ermittelten mittleren Zeitintervall T einer vorbestimmten Anzahl M von Zeitintervallen zwischen Überlaufereignissen bestimmt wird, indem der Maximalwert einer Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung P der Funktion $P(M, T, a, \mu)$ zu einem jeweils vorgegebenen Wert M , T und μ ermittelt wird, wobei $P(M, T, a, \mu)$ aus der Poissonverteilung der Verbindungswunschereignisse und der Verbindungsdeckergebnisse abgeleitet wird, und daß mit Hilfe der Formel

$$x_{\infty} = A(1 - B(A, N))$$

der stationäre Belegungswert x_{∞} ermittelt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden An- 5
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verkehrsan-
gebot A aus dem ermittelten mittleren Zeitintervall T
einer vorbestimmten Anzahl M von Zeitintervallen
zwischen Überlaufereignissen und außerdem aus dem 10
Zeitintervall zwischen dem letzten Überlauf zum Zeit-
punkt $t_a - 1$ und dem aktuellen Zeitpunkt t_a bestimmt
wird, indem der Maximalwert der Wahrscheinlich-
keitsdichteverteilung $P(M, T, a, \mu)$ zu einem jeweils
vorgegebenen Wert M, T und μ ermittelt wird,
wobei $P(M, T, a, \mu)$ aus der Poissonverteilung der Ver- 15
bindungswunschereignisse und der Verbindungs-End-
ereignisse abgeleitet wird,
und daß mit Hilfe der Erlang-Formel

$$x_{\infty} = A(1 - B(A, N)) \quad 20$$

der stationäre Belegungswert x_{∞} ermittelt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

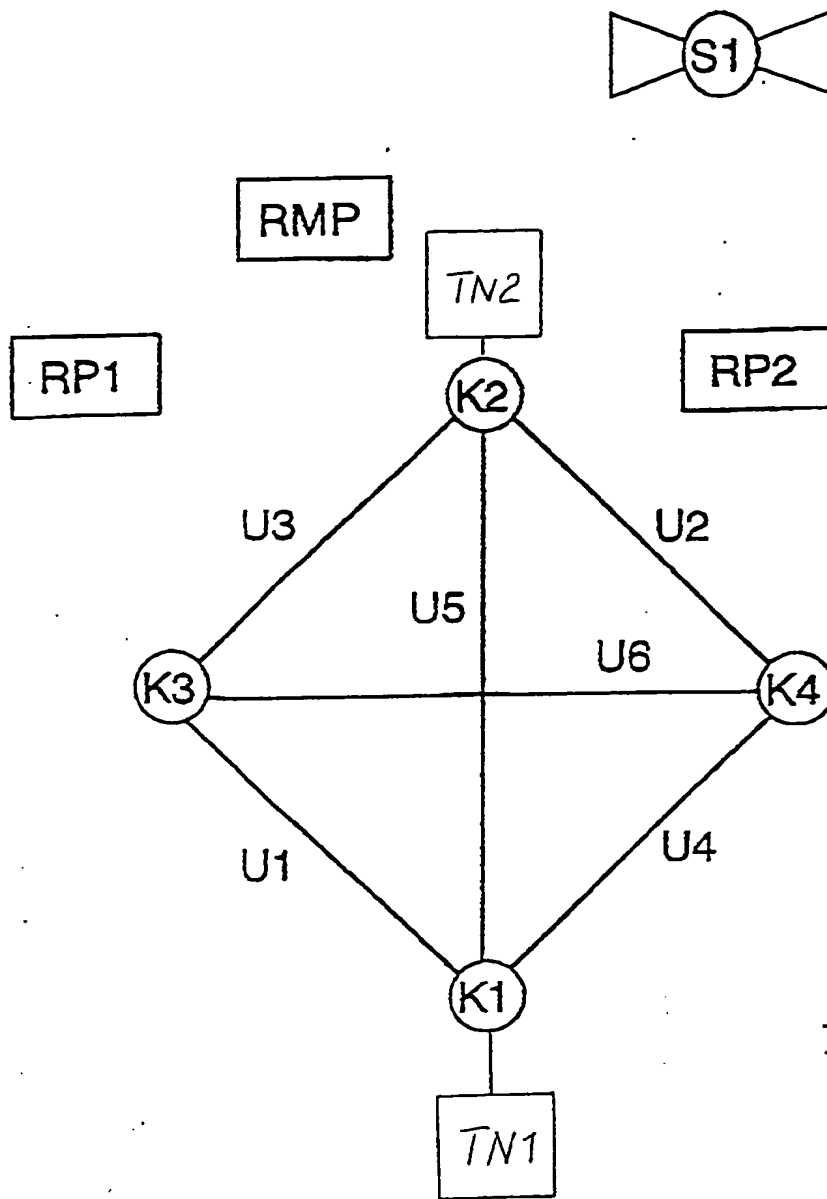


Fig. 1

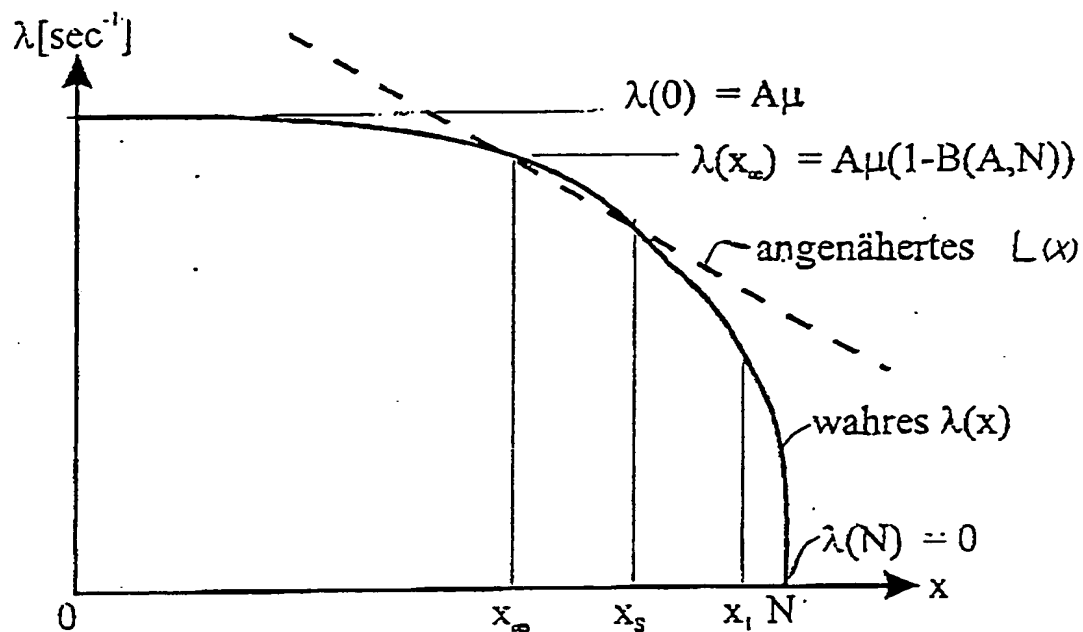


Fig. 2

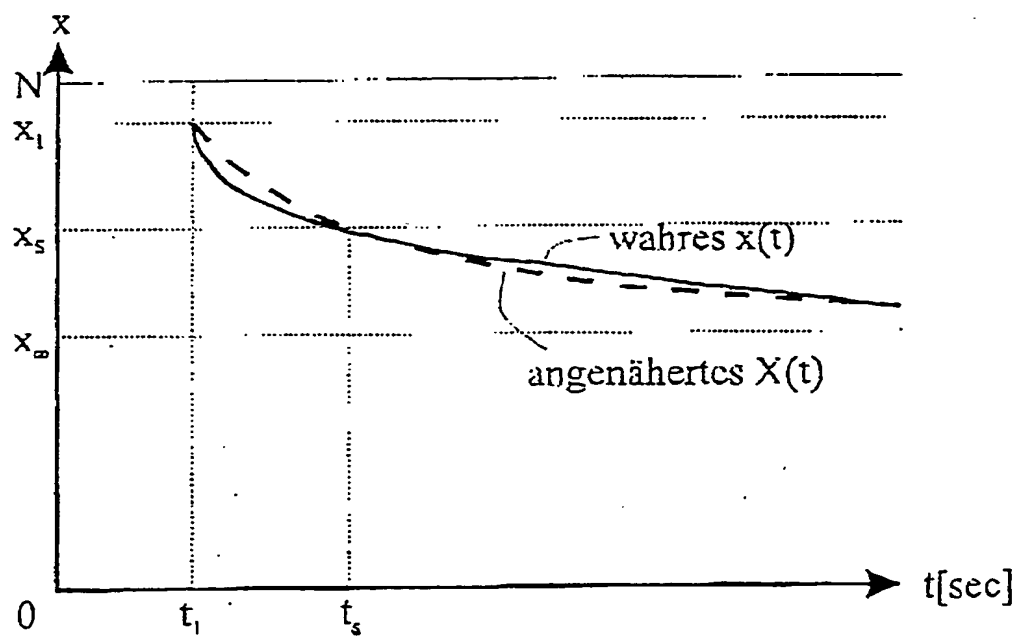


Fig. 3

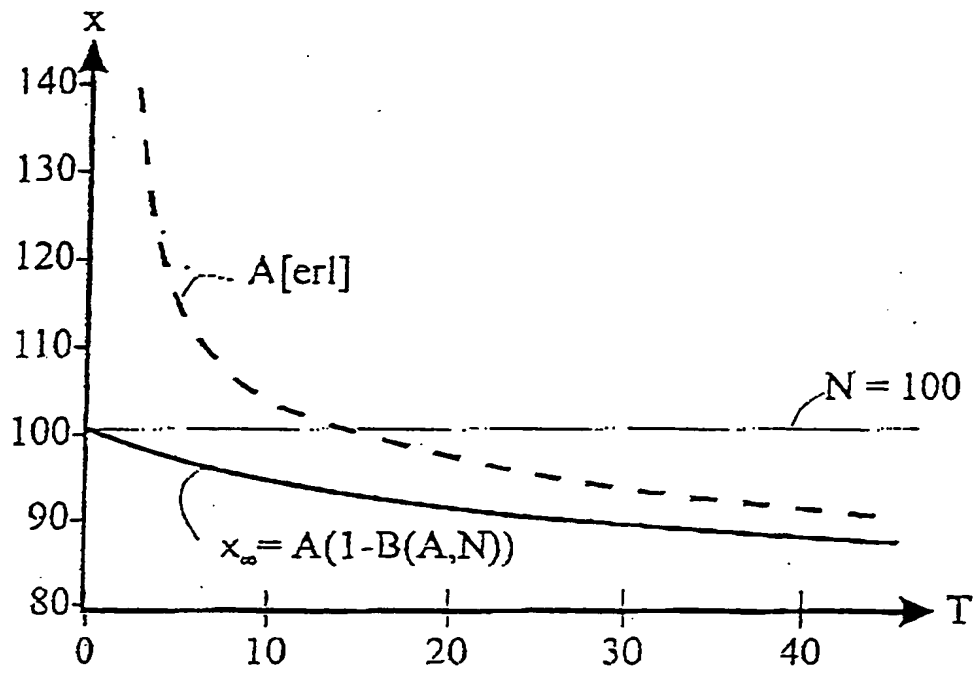


Fig. 4

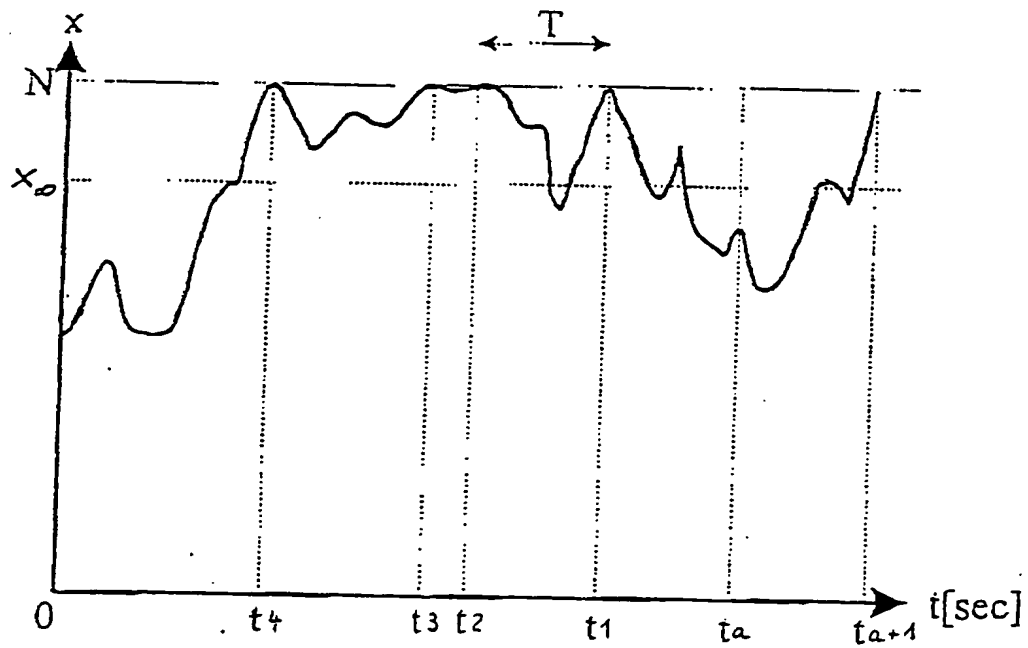


Fig. 5

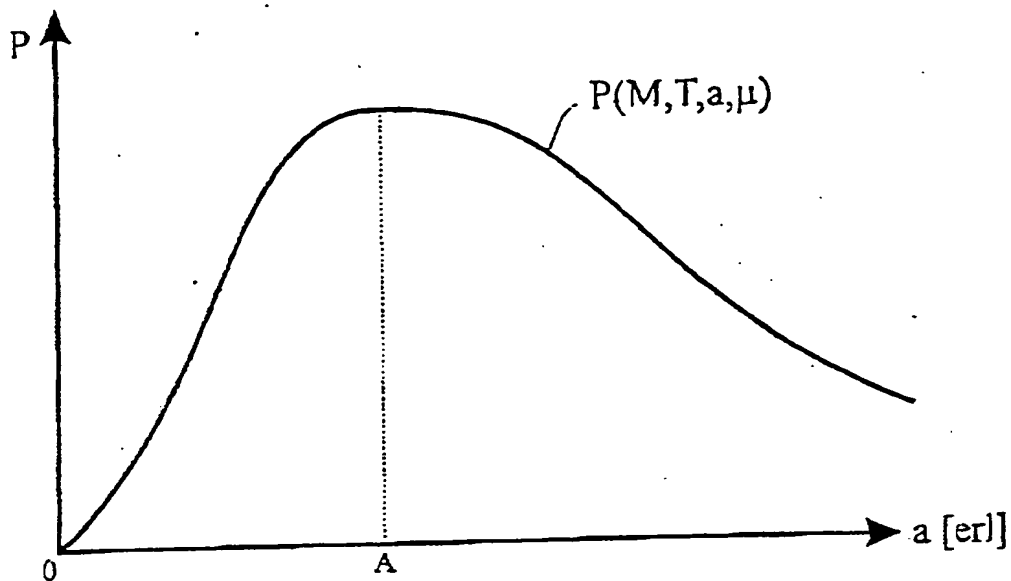
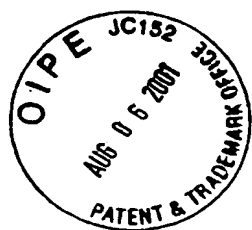


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)